

Beschreibung**Polymertransistor-Anordnung, Integrierte Schaltkreis-Anordnung und Verfahren zum Herstellen einer****5 Polymertransistor-Anordnung**

Die Erfindung betrifft eine Polymertransistor-Anordnung, eine Integrierte Schaltkreis-Anordnung und ein Verfahren zum Herstellen einer Polymertransistor-Anordnung.

10

Um elektrische Schaltungen herzustellen, die analoge Signale verarbeiten können, werden häufig sogenannte absolute Referenzspannungsquellen benötigt. Aus [1] ist es bekannt, Dioden als elektrische Bauelemente für

15 Referenzspannungsquellen zu verwenden.

Ein wichtiges Gebiet der modernen Elektronik ist die sogenannte Polymer-Elektronik, bei der Polymer-Werkstoffe als Material zum Ausbilden von elektrischen Schaltkreisen bzw.

20 Schaltkreis-Komponenten verwendet werden. In [2] ist ein Überblick über organische Dünnschicht-Transistoren auf der Basis von Polymer-Materialien gegeben.

25 Probleme ergeben sich, wenn im Rahmen der Polymerelektronik eine Referenzspannungsquelle ausgebildet werden soll, da es bisher keine zufriedenstellende technische Lösung für Dioden im Rahmen einer einfachen Polymer-Technologie gibt.

30 Somit sind in der Polymer-Elektronik keine der CMOS- oder Bipolar- bzw. der allgemeinen Silizium-Schaltungstechnik vergleichbare Referenzspannungs-Schaltkreise bekannt.

35 Die aus dem Stand der Technik bekannten Möglichkeiten zum Erzeugen von Referenzspannungen sind (abgesehen von einfachen Spannungsteilern bezogen auf eine Versorgungsspannung) nicht auf die Polymertransistor-Technologie übertragbar, da es dort a priori keine pn-Übergänge als Basis für Dioden oder

Bipolar-Transistoren gibt. Eine Diode ist jedoch für eine ausreichend genaue Referenzspannungsquelle in Silizium-Technologie üblicherweise erforderlich.

5 [4] offenbart organische Lichtemitter mit veränderter Ladungsträgerinjektion.

[5] offenbart eine mikroelektronische Vorrichtung mit einem leitfähigen Polymer.

10

[6] offenbart temperaturkompensierte Referenzdioden.

Der Erfindung liegt somit das Problem zugrunde, für den Bereich der Polymerelektronik mit geringem Aufwand ein
15 diodenähnliches Bauelement bereitzustellen.

Das Problem wird durch eine Polymertransistor-Anordnung, durch eine Integrierte Schaltkreis-Anordnung und durch ein Verfahren zum Herstellen einer Polymertransistor-Anordnung
20 mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Die erfindungsgemäße Polymertransistor-Anordnung weist einen in und/oder auf einem Substrat ausgebildeten
25 Polymertransistor auf. Der Polymertransistor enthält einen ersten Source-/Drain-Bereich, einen zweiten Source-/Drain-Bereich, einen Kanal-Bereich zwischen dem ersten und dem zweiten Source-/Drain-Bereich sowie einen Gate-Bereich. Ferner enthält der Polymertransistor eine Gate-isolierende
30 Schicht zwischen Kanal-Bereich und Gate-Bereich. Die Polymertransistor-Anordnung weist ferner einen Ansteuer-Schaltkreis auf, der derart eingerichtet ist, dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-Bereich derartige elektrische Potentiale bereitstellt, dass der Übergang
35 zwischen mindestens einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode betreibbar ist.

Ferner ist erfindungsgemäß eine Integrierte Schaltkreis-Anordnung mit mindestens einer Polymertransistor-Anordnung mit den beschriebenen Merkmalen bereitgestellt.

5 Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen einer Polymertransistor-Anordnung wird ein Polymertransistor in und/oder auf einem Substrat ausgebildet, indem ein erster Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird, ein zweiter Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird und ein Kanal-Bereich
10 zwischen dem ersten und dem zweiten Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird. Darüber hinaus wird ein Gate-Bereich ausgebildet. Ferner wird eine Gate-isolierende Schicht zwischen Kanal-Bereich und Gate-Bereich ausgebildet. Darüber hinaus wird ein Ansteuer-Schaltkreis der erfindungsgemäßen
15 Polymertransistor-Anordnung ausgebildet und derart eingerichtet, dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-Bereich derartige elektrische Potentiale bereitstellt, dass der Übergang zwischen mindestens einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode betrieben
20 wird.

Eine Grundidee der Erfindung beruht darauf, einen Übergang zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche eines Polymertransistors und dem Kanal-Bereich so zu verschalten,
25 dass er als Diode verwendet werden kann. Hierfür wird ein geeigneter Arbeitspunkt gewählt, indem an die Source-/Drain-Bereiche und den Gate-Bereich entsprechende elektrische Potentiale angelegt werden, bei denen einer der Source-/Drain-Bereiche als Diode verwendbar ist. Somit ist es
30 erfindungsgemäß auch im Bereich der Polymerelektronik ermöglicht, eine Diode als integrierte Schaltkreis-Komponente zu haben. Diese muss darüber hinaus nicht als separates Bauelement ausgebildet werden, sondern kann als Übergang zwischen einem Source-/Drain-Bereich und dem Kanal-Bereich
35 mitverwendet werden.

Unter Verwendung einer solchen Diode ist es erfindungsgemäß auch ermöglicht, in Polymerelektronik einen Referenzspannungs-Schaltkreis zu realisieren.

- 5 Bei Polymertransistoren, wie sie beispielsweise in [2] beschrieben sind, wird der Übergang zwischen einem Source-/ Drain-Bereich und einem elektrisch halbleitenden Kanal-Bereich mittels eines Schottky-Übergangs hergestellt, vgl. [3]. Eine Schottky-Diode ist eine Diode, die anstelle eines
10 pn-Übergangs einen Metall-Halbleiter-Kontakt bzw. einen Metall-Polymer-Kontakt verwendet, wobei das Metall eine andere Austrittsarbeit als das kontaktierte andere Material besitzt. Ein Metall-Polymer-Kontakt kann als Diode angesehen werden, da er ein Verhalten aufweist, das eine
15 Gleichrichtungs-Funktionalität bezüglich eines angelegten elektrischen Signals aufweist.

- Bei einem Polymertransistor ist eine solche Schottky-Diode sowohl auf der Seite des ersten Source-/Drain-Bereichs als
20 auch auf der Seite des zweiten Source-/Drain-Bereichs in Serie mit dem eigentlichen Feldeffekttransistor geschaltet. Eine solche Diode ist allerdings nicht beidseitig kontaktierbar, da das den Kanal-Bereich des Polymertransistors bildende Polymer-Material nicht ohne einen
25 weiteren Schottky-Übergang elektrisch zugänglich ist. Die Schottky-Diode, wie sie sich aufgrund der technologischen Randbedingungen notwendigerweise an den Kontaktstellen zwischen Source-/Drain-Bereichen und Kanal-Bereich des Polymertransistors ergibt, lässt sich in geeigneten
30 Arbeitspunkten des Transistors mittels Anlegens einer geeigneten Gate-Spannung derart steuern, dass sie das elektrische Verhalten des Transistors dominiert bzw. maßgeblich beeinflusst. Bei Wahl eines geeigneten Arbeitspunktes ist nur der eine der beiden Schottky-Übergänge
35 für den Stromfluss bestimmend. Dann sind der Kleinsignal-Widerstand des Transistors und der anderen Schottky-Diode (in einem Grenzbereich zwischen dem anderen Source-/Drain-Bereich

und dem Kanal-Bereich) klein gegenüber dem ohmschen Widerstand der strombestimmenden Schottky-Diode (zwischen dem ersten Source-/Drain-Bereich und dem Kanal-Bereich).

5 Bei Wahl einer Gate-Spannung eines ausreichend großen Betrags und einer Drain-Spannung eines ausreichend kleinen Betrags ist vor allem der in Sperrrichtung geschaltete Schottky-Übergang bestimmend für den Stromfluss. Der durch ihn fließende Strom steigt annähernd exponentiell mit der
10 angelegten Drain-Spannung an und eignet sich daher als Ersatz für eine Z-Diode oder einen Bipolar-Transistor. Als Z-Diode wird eine Diode bezeichnet, die für den Betrieb im Durchbruchbereich der Kennlinie ausgelegt ist. Z-Dioden werden häufig zur Spannungsstabilisierung verwendet.

15 Somit können erfindungsgemäß Schaltungen mit mindestens einer Diode, wie sie für die Silizium-Technologie bekannt sind, auf Polymertechnologie übertragen werden. Eine als Spannungsreferenz verwendete pn-Diode wird durch einen mit
20 einer Gate-Spannung eines ausreichend großen Betrags und einer Drain-Spannung eines ausreichend kleinen Betrags betriebenen Polymertransistor ersetzt, so dass dieser ähnliche oder identische Eigenschaften wie eine Schottky-Diode aufweist. Der Referenzcharakter der Silizium-Bandlückenenergie in einer pn-Diode wird somit anschaulich
25 durch die Differenz der Austrittsarbeiten zwischen Metall und Polymer ersetzt.

Erfindungsgemäß ist ein Polymertransistor anschaulich derart
30 verschaltet, dass der Übergang zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode eingerichtet bzw. betreibbar ist. Anschaulich ist der Polymertransistor derart verschaltet, dass er eine Gate-gesteuerte Diode darstellt.

Es ist anzumerken, dass sowohl der Polymertransistor als auch der Ansteuer-Schaltkreis vollständig in Polymer-Technologie ausgebildet sein können.

- 5 Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Der Ansteuer-Schaltkreis kann derart eingerichtet sein, dass er derartige elektrische Potentiale an die Source-/Drain-Bereiche und an den Gate-Bereich anlegt, dass der Übergang
10 zwischen einem der beiden Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als in Sperrrichtung gepolte Diode geschaltet ist. In diesem Fall ist der Übergang zwischen dem anderen der beiden Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als in
15 Durchlassrichtung gepolte Diode geschaltet. Die in Sperrrichtung gepolte Diode ist dann für den ohmschen Widerstand der Polymertransistor-Anordnung dominant.

Der Wert der an die Source-/Drain-Bereiche zum Steuern der Diode angelegten elektrischen Potentiale kann basierend auf
20 der Dicke und/oder dem Wert der Dielektrizitätskonstante der Gate-isolierenden Schicht des Polymertransistors gewählt werden. Auch der Wert der Gate-Spannung kann basierend auf diesen oder anderen Kriterien eingestellt sein. Vorzugsweise
25 wird der (betragsmäßige) Wert der Gate-Spannung im Wesentlichen proportional zu dem Wert der Dielektrizitätskonstante der Gate-isolierenden Schicht gewählt.

30 Als Material der Source-/Drain-Bereiche der Polymertransistor-Anordnung kann ein metallisches oder ein Polymer-Material verwendet werden. Für den Kanal-Bereich wird vorzugsweise ein Polymer-Material verwendet. Bei Verwendung eines ersten Polymer-Materials für die Source-/Drain-Bereiche
35 und eines zweiten Polymer-Materials für den Kanal-Bereich kann der Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Polymer-Material als pn-Übergang, als ip-Übergang oder als

in-Übergang verwendet werden. Wird als Material für die Source-/Drain-Bereiche ein metallisches Material verwendet und für den Kanal-Bereich ein Polymer-Material, so liegt ein Schottky-Übergang vor. Allgemein kann das Substrat und können
5 die Source-/Drain-Bereiche aus einem solchen Material hergestellt sein, dass der Übergang zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich ein Schottky-Übergang, ein pn-Übergang, ein in-Übergang oder ein ip-Übergang ist.

10

Der Ansteuer-Schaltkreis kann derart eingerichtet sein, dass der Betrag der Gate-Spannung größer als der Betrag der Spannung zwischen den Source-/Drain-Bereichen ist.

Vorzugsweise kann der Ansteuer-Schaltkreis derart

15

eingerichtet sein, dass der Betrag der bereitgestellten Gate-Spannung wesentlich größer als der Betrag der Spannung zwischen den Source-/Drain-Bereichen ist. Weiter vorzugsweise ist der Betrag der Gate-Spannung mindestens um ungefähr eine Größenordnung größer als der Betrag der Spannung zwischen den
20 Source-/Drain-Bereichen.

Bei der Polymertransistor-Anordnung können die Übergänge zwischen jeweils einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich zueinander geometrisch asymmetrisch ausgebildet
25 sein. Mittels dieser Maßnahme können anschaulich die genannten Übergänge mit unterschiedlichen strukturellen und folglich unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften realisiert sein. Dadurch kann technologisch das unterschiedliche Ansteuern der beiden Dioden mittels Anlegens
30 elektrischer Potentiale an die Anschlüsse des Polymertransistors unterstützt werden. Somit können die beiden Übergänge strukturell beispielsweise in einer solchen Weise unterschiedlich ausgebildet werden, dass ein elektrisches Ansteuern von einem der Übergänge als Diode
35 dadurch erleichtert oder erschwert wird.

Zu diesem Zweck kann einer der Source-/Drain-Bereiche

zumindest teilweise auf dem organischen Halbleiter
ausgebildet sein und der andere Source-/Drain-Bereich
zumindest teilweise unterhalb des organischen Halbleiters
ausgebildet sein. In diesem Fall ergibt sich eine wesentlich
5 bessere Leitfähigkeit bei dem oberhalb des organischen
Halbleiters angeordneten Kontakt, so dass der Diodenübergang
an dem anderen Kontakt den Stromfluss dominiert.

Im Weiteren wird die erfindungsgemäße integrierte
10 Schaltkreis-Anordnung, die mindestens eine erfindungsgemäße
Polymertransistor-Anordnung aufweist, näher beschrieben.
Ausgestaltungen der integrierten Schaltkreis-Anordnung gelten
auch für die Polymertransistor-Anordnung und umgekehrt.

15 Die Integrierte Schaltkreis-Anordnung kann als
Referenzspannungs-Schaltkreis eingerichtet sein, vorzugsweise
als temperaturkompensierter Referenzspannungs-Schaltkreis.

Die integrierte Schaltkreis-Anordnung kann auch als
20 Stromquelle eingerichtet sein.

Ferner kann die integrierte Schaltkreis-Anordnung als
Spannungsregel-Schaltkreis eingerichtet sein.

25 Die integrierte Schaltkreis-Anordnung kann auch als
Kombination der genannten Schaltkreis-Typen eingerichtet
sein. Zum Beispiel kann die erfindungsgemäße integrierte
Schaltkreis-Anordnung eine Stromquelle mit einer ersten
Polymertransistor-Anordnung und eine Referenzspannungsquelle
30 mit einer zweiten Polymertransistor-Anordnung aufweisen.

Ferner können abgesehen von dem oder den Polymertransistoren
auch andere Komponenten des erfindungsgemäßen integrierten
Schaltkreises aus Polymer-Material hergestellt sein.
35 Beispielsweise kann ein Operationsverstärker ebenfalls in
Polymer-Elektronik ausgebildet sein.

Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt und werden im Weiteren näher erläutert.

Es zeigen:

5

Figur 1 eine Polymertransistor-Anordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

10

Figur 2 einen Ersatz-Schaltkreis einer Polymertransistor-Anordnung gemäß der Erfindung,

15

Figur 3 ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Drain-Stroms von der Source-/Drain-Spannung eines Polymertransistors gemäß der Erfindung zeigt,

20

Figur 4 einen Referenzspannungs-Schaltkreis als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

25

Figur 5 einen Referenzspannungs-Schaltkreis als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

30

Figur 6 einen Spannungsregel-Schaltkreis als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 7 einen temperaturkompensierten Referenzspannungs-Schaltkreis als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

35

Figur 8 einen Polymertransistor einer Polymertransistor-Anordnung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Figur 9 einen Polymertransistor einer Polymertransistor-Anordnung gemäß einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

- 5 Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit den gleichen Bezugsziffern versehen.

Im Weiteren wird beziehend auf **Fig.1** eine Polymertransistor-Anordnung 100 gemäß einem
10 Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Die Polymertransistor-Anordnung 100 weist einen auf einem Substrat 101 ausgebildeten Polymertransistor auf. Dieser enthält einen auf dem Substrat 101 ausgebildeten Gate-Bereich
15 106 aus Titan-Material. Auf dem Gate-Bereich 106 ist eine PVP-Schicht (Polyvinylphenol) als Gate-isolierende Schicht 105 ausgebildet. Das Ausbilden der Gate-isolierenden Schicht 105 erfolgt mittels Aufbringens von PVP-Material und mittels photolithographischen Strukturierens der Schicht aus PVP-
20 Material, wodurch die Gate-isolierende Schicht 105 zurückbleibt. Auf einem Teil des Substrats 101 und auf einem Teil der Gate-isolierenden Schicht 105 ist ein erster Source-/Drain-Bereich 102 aus Gold-Material ausgebildet. Auf einem anderen Teil des Substrats 101 und auf einem anderen
25 Teil der Gate-isolierenden Schicht 105 ist ein zweiter Source-/Drain-Bereich 103 aus Gold-Material ausgebildet. Ferner ist auf beiden Source-/Drain-Bereichen 102, 103 und auf einem zwischen diesen angeordneten Bereich der Gate-isolierenden Schicht 105 eine aktive Pentacen-Schicht
30 ausgebildet, deren zentraler Abschnitt als Kanal-Bereich 104 dient. Es ist anzumerken, dass Pentacen ein organisches, halbleitendes Material ist. Zumindest ein Teil der Komponenten des Polymertransistors kann aufgedruckt werden. Mittels eines Ansteuer-Schaltkreises 107, der mit den beiden
35 Source-/Drain-Bereichen 102, 103 und mit dem Gate-Bereich 106 mittels elektrisch leitfähiger Kopplungsmittel 108 elektrisch gekoppelt ist, ist den Source-/Drain-Bereichen 102, 103 und

dem Gate-Bereich 105 jeweils ein derartiges elektrisches Potential bereitgestellt, dass der Übergang zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche 102 oder 103 und dem Kanal-Bereich 104 als Diode betreibbar ist.

5

Die Gate-isolierende Schicht 105 kann alternativ aus Siliziumoxid (z.B. generiert mittels thermischen Oxidierens von Silizium-Material), Aluminiumoxid oder PVP (Polyvinylphenol) hergestellt sein. Der Gate-Bereich 106 kann
10 alternativ auch aus Palladium oder Gold hergestellt werden. Beispiele für Polymer-Materialien, die zum Ausbilden des erfindungsgemäßen Polymertransistors bzw. anderer Schaltkreiskomponenten verwendet werden können, sind v.a. sich wiederholende Ketten von Kohlenstoff-haltigen Molekülen.
15 Zum Beispiel können Pentacen, Poly(3-hexylthiophen), organisch-anorganische Hybride wie $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2SnI_4$, C_{60} oder α,ω -Dihexyl Quinquethiophen (DHQ5T) verwendet werden.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf **Fig.2** ein Ersatz-Schaltbild
20 200 des erfindungsgemäß verschalteten Polymertransistors beschrieben.

Das Ersatzschaltbild 200 zeigt die Komponenten aus Fig.1 sowie eine erste Diode 201 als schaltungstechnisches
25 Äquivalent des Übergangs zwischen dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 und dem Kanal-Bereich 104 sowie eine zweite Diode 202 als schaltungstechnisches Äquivalent für den Übergang zwischen dem Kanal-Bereich 104 und dem zweiten Source-/Drain-Bereich 103. Ferner sind erste und zweite ohmsche Widerstände
30 203, 204 zum Modellieren von Kontakteffekten in Fig.2 eingezeichnet, die zwischen jeweils einem der Source-/Drain-Bereiche 102, 103 einerseits und jeweils einem Anschluss einer jeweiligen Diode 201, 202 andererseits angeordnet sind.

35 Anschaulich wird erfindungsgemäß der Arbeitspunkt der Polymertransistor-Anordnung 100 mittels Anlegens geeigneter elektrischer Spannungen eingestellt, die mittels des

Ansteuer-Schaltkreises 107 an die Anschlüsse 102, 103, 106 in einer solchen Weise angelegt sind, dass von den beiden in Fig.2 gezeigten Dioden 201, 202 nur eine schaltungstechnisch als Diode funktioniert, wohingegen die andere der beiden

5 Dioden sehr niederohmig ist. Alternativ können auch beide Dioden 201, 202 als Dioden betrieben werden. In Fig.2 ist schematisch angedeutet, dass die Dioden 201, 202 auch mittels eines an den Gate-Bereich 106 angelegten elektrischen Potentials beeinflusst werden.

10

Bezeichnet man den Spannungsabfall an der Diode 201 als V_{d1} , den Spannungsabfall an der Diode 202 als V_{d2} , den Spannungsabfall am Kanal-Bereich 104 als V_i , die Spannung zwischen dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 und dem Gate-Bereich 106 als V_{gs} , die Spannung zwischen dem zweiten

15 Source-/Drain-Bereich 103 und dem Gate-Bereich 106 als V_{gd} , die Spannung zwischen den Source-/Drain-Bereichen 102, 103 als V_{ds} , so sollten die Spannungen betragsmäßig folgende Beziehungen erfüllen:

20

$$V_{gs} > V_{gd} > V_{ds}; \quad V_{d1} > V_{d2} > V_i$$

In diesem Fall funktioniert vor allem die erste Diode 201 auch schaltungstechnisch als Diode.

25

Im Weiteren wird bezugnehmend auf das Diagramm 300 aus **Fig.3** beschrieben, wie der Arbeitspunkt der Polymertransistor-Anordnung 100 gewählt wird, um einen der beiden Übergänge zwischen einem der beiden Source-/Drain-Bereiche 102, 103

30 einerseits und dem Kanal-Bereich 104 andererseits als Diode zu betreiben.

35

In dem Diagramm 300 ist entlang einer Abszisse 301 die elektrische Spannung zwischen den beiden Source-/Drain-Bereichen 102, 103 aufgetragen. Entlang einer Ordinate 302 ist der elektrische Strom an dem zweiten Source-/Drain-Anschluss 103 aufgetragen. Ferner sind in Fig.3 erste bis

dritte Kennlinien 303 bis 305 gezeigt, wobei die erste Kennlinie 303 einer Spannung zwischen dem Gate-Bereich 105 und dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 von 0Volt, die zweite Kennlinie 304 einer Spannung von -5Volt und die dritte
5 Kennlinie 305 einer Spannung von -10Volt entspricht.

Bei dem in Fig.3 gezeigten Beispiel sind die Arbeitspunkte, welcher der dritten Kennlinie 305 entsprechen, gut geeignet, um die Polymertransistor-Anordnung 100 so zu betreiben, dass
10 eine der beiden Dioden 201, 202 tatsächlich als Diode betreibbar ist. Besonders gut geeignet ist der Arbeitsbereich auf der dritten Kennlinie 305 im Bereich betragsmäßig kleiner Spannungen zwischen den beiden Source-/Drain-Bereichen 102, 103, d.h. in dem gemäß Fig.3 oberen rechten Bereich des
15 Diagramms 300.

Bei einem geeigneten Arbeitspunkt ist die (betragsmäßige) Spannung zwischen dem Gate-Bereich 106 und dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 durch die Oxidkapazität pro Fläche
20 (der Betrag der Spannung zwischen dem Gate-Bereich 106 und dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 ist dazu näherungsweise indirekt proportional) gegeben. Ferner sollte die elektrische Spannung zwischen dem Gate-Bereich 106 und dem ersten Source-/Drain-Bereich 102 betragsmäßig so groß wie möglich
25 sein, das heißt, so nahe wie möglich an einer maximal zulässigen Spannung. Dagegen sollte der Betrag der Spannung zwischen den beiden Source-/Drain-Bereichen 102, 103 möglichst nahe bei 0Volt liegen. Die maximal zulässige Spannung hängt vor allem von der Qualität (insbesondere von
30 der Ausgangsteilheit) des Polymertransistors ab. Ist der Wert der Ausgangsteilheit klein gegen den Diodenleitwert des Schottky-Übergangs, so dominiert die Schottky-Diode den elektrischen Strom und der Transistor verhält sich in diesem Arbeitspunkt wie eine Diode.

35

Im Weiteren wird beziehend auf **Fig.4** ein Referenzspannungs-Schaltkreis 400 als integrierte

Schaltkreis-Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Bei dem Referenzspannungs-Schaltkreis 400 ist zwischen das elektrische Masse-Potential 402 und einen ersten Anschluss einer Stromquelle 403 eine Eingangsspannung 401 V_{in} angelegt. Zwischen dem anderen Anschluss der Stromquelle 403 und dem elektrischen Masse-Potential 402 liegt eine Referenzspannung 404 V_{ref} . Ferner ist der erste Source-/Drain-Bereich 102 eines Polymertransistors 406 mit dem zweiten Anschluss der Stromquelle 403 gekoppelt. Der zweite Source-/Drain-Bereich 103 des Polymertransistors 403 liegt auf dem elektrischen Masse-Potential 402. An den Gate-Bereich 106 ist die Vorspannung 405 V_{bias} angelegt.

Der Polymertransistor 406 ist mittels Anlegens der Vorspannung V_{bias} auf einen solchen Arbeitspunkt gebracht, dass er wie eine Schottky-Diode arbeitet. Gemäß dem vorgegebenen Arbeitspunkt ist eine betragsmäßig große Gate-Spannung und sind betragsmäßig kleine Drain-Spannungen an die Anschlüsse des Polymertransistors 406 angelegt. In dem Pfad zwischen der Eingangsspannung 401 V_{in} und der Referenzspannung 404 V_{ref} fließt durch die Stromquelle 403 ein konstanter elektrischer Strom. Wird an dem Knoten der Referenzspannung 404 V_{ref} ein erhöhter elektrischer Strom abgezweigt, fließt zugleich ein kleinerer elektrischer Strom durch den Polymertransistor 406, da ansonsten die elektrische Spannung an der Referenzspannung 404 V_{ref} stark erniedrigt wird und somit exponentiell weniger Strom durch den Polymertransistor 406 fließen kann. Die Einstellung der Vorspannung 405 V_{bias} ist hinsichtlich der Größe des elektrischen Stroms nicht allzu sensitiv, solange man sich in dem geeigneten Arbeitspunkt-Bereich befindet. Daher kann in vielen Fällen die Eingangsspannung 401 V_{in} mit der Vorspannung 405 gemeinsam vorgesehen werden.

Anschaulich ist bei dem in Fig.4 gezeigten Referenzspannungs-Schaltkreis 400 die Diode zwischen dem Kanal-Bereich 104 und dem zweiten Source-/Drain-Bereich 103 als Z-Diode zur Spannungsstabilisierung verschaltet. Die unstabilisierte Eingangsspannung Vin 401 wird über die Stromquelle 403 auf dem Polymertransistor 406 mit der gemäß Fig.4 unteren Diode als Z-Diode gegeben.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf **Fig.5** ein

Referenzspannungs-Schaltkreis 500 als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Der Referenzspannungs-Schaltkreis 500 unterscheidet sich von dem in Fig.4 gezeigten Referenzspannungs-Schaltkreis 400 im Wesentlichen dadurch, dass als Stromquelle 403 ein anderer Polymer-Transistor 501 verwendet wird, an dessen Gate-Anschluss eine andere Vorspannung 502 Vbias2 angelegt ist. Der andere Polymer-Transistor 501 ist im Wesentlichen aufgebaut wie der Polymertransistor 406. Die Vorspannung 405 an dem Gate-Bereich 106 des Polymertransistors 406 ist in Fig.5 mit Vbias1 (anstatt Vbias) bezeichnet.

Insbesondere ist Vbias2 derart gewählt, dass der andere Polymertransistor 501 in Sättigung betrieben wird.

Im Prinzip kann der Wert der erhaltenen Referenzspannung mittels Einstellens einer Anzahl von in Serie geschalteten Schottky-Übergängen eingestellt werden, das heißt mehrerer in Reihe geschalteter Polymertransistoren 406 in dem Strompfad zwischen Masse-Potential 402 und Referenzspannung 404. Es ist insbesondere vorteilhaft, in diesem Fall für jeden der Polymertransistoren in dem beschriebenen Stromzweig eine eigene Vorspannung an dem jeweiligen Gate-Bereich bereitzustellen, um einen jeweils geeigneten Dioden-Arbeitspunkt zu erhalten.

Es ist anzumerken, dass der andere Polymertransistor 501 in Fig.4 samt dessen Verschaltung selbst als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß der Erfindung, eingerichtet als Stromquelle, aufgefasst werden kann.

5

Im Weiteren wird bezugnehmend auf **Fig.6** ein Spannungsregel-Schaltkreis 600 als integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

- 10 Der Spannungsregel-Schaltkreis 600 weist einen Operationsverstärker 602 auf, dem eine Betriebsspannung 601 bereitgestellt ist. Ferner ist dem Operationsverstärker 602 das Masse-Potential 402 als unterer Spannungs-Bezugspunkt bereitgestellt. Ein Ausgang 602c des Operationsverstärkers
- 15 602 ist über einen ersten ohmschen Widerstand 603 mit einem nicht-invertierenden Eingang 602a des Operationsverstärkers 602 rückgekoppelt. Ferner ist der Ausgang 602c über einen zweiten ohmschen Widerstand 604 mit einem invertierenden Eingang 602b des Operationsverstärkers 602 rückgekoppelt.
- 20 Darüber hinaus ist der Ausgang 602c auf der Referenzspannung 404 V_{ref} . Zwischen den zweiten ohmschen Widerstand 604 und das elektrische Masse-Potential 402 ist ein dritter ohmscher Widerstand 605 geschaltet. Zwischen den ersten ohmschen Widerstand 603 und das elektrische Masse-Potential 402 sind
- 25 die beiden Source-/Drain-Anschlüsse 102, 103 des Polymertransistors 406 geschaltet. An den Gate-Anschluss 106 des Polymertransistors 406 ist die Vorspannung 405 V_{bias} angelegt.
- 30 Die stabilisierte Referenzspannung V_{ref} 404 wird mittels der zweiten und dritten ohmschen Widerstände 604, 605 bestimmt. Der elektrische Strom durch den Polymertransistor 406 bewirkt, dass die Spannung V_{ref} auf einem konstanten Wert gehalten ist, welche anschaulich mittels der Knickspannung
- 35 der Schottky-Diode des Polymertransistors 406 festgelegt ist. Schwankungen der Betriebsspannung 601 V_{dd} werden durch

die Gleichtaktunterdrückung des Operationsverstärkers 602 unterdrückt.

Wiederum dient der Polymertransistor 406 bei dem
5 Spannungsregel-Schaltkreis 600 als Ersatz für eine Z-Diode.
Wiederum ist diejenige Schottky-Diode des Polymertransistors
406, die zwischen dem Kanal-Bereich 104 und dem zweiten
Source-/Drain-Bereich 103 angeordnet ist, die aufgrund der
erfindungsgemäßen Verschaltung betreibbare Diode.

10

Der Wert der Referenzspannung 404 V_{ref} kann mittels
Einstellens der Anzahl der von in Serie geschalteten
Polymertransistoren 406 verändert werden. Hierfür sind
(abweichend von Fig.6) in den Stromzweig zwischen dem nicht-
15 invertierenden Eingang 602a und dem Masse-Potential 402, in
welchen der Polymertransistor 406 geschaltet ist, eine
Mehrzahl von Polymertransistoren in Serie zu schalten. In
diesem Fall könnten die mehreren, in Reihe geschalteten
Polymertransistoren alle mit derselben Vorspannung V_{bias} 405
20 betrieben werden.

Es ist anzumerken, dass der Wert des ersten ohmschen
Widerstands 603 einen Einfluss auf die Größe der
Referenzspannung V_{ref} haben kann.

25

Im Weiteren wird beziehend auf **Fig.7** ein
temperaturkompensierter Referenzspannungs-Schaltkreis 700 als
integrierte Schaltkreis-Anordnung gemäß einem vierten
Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

30

Zwischen einen Anschluss, an dem eine Versorgungsspannung 401
bereitgestellt ist, und einen nicht-invertierenden Eingang
702a eines Operationsverstärkers 702 ist ein erster ohmscher
Widerstand 703 geschaltet. Zwischen die Versorgungsspannung
35 701 und einen invertierenden Eingang 702b des
Operationsverstärkers 702 ist ein zweiter ohmscher Widerstand
704 geschaltet. Ein Ausgang 702c des Operationsverstärkers

702 ist auf dem elektrischen Potential der Referenzspannung V_{ref} 404. Ferner ist der Ausgang 702c mit einem dritten ohmschen Widerstand 705 gekoppelt. Der dritte ohmsche Widerstand 705 ist mit dem Gate-Bereich 106 des

5 Polymertransistors 406 gekoppelt. Der erste Source-/Drain-Bereich 102 des Polymertransistors 406 ist mit dem ersten ohmschen Widerstand 703 gekoppelt. Der zweite Source-/Drain-Bereich 103 des Polymertransistors 406 ist mit einem vierten ohmschen Widerstand 706 gekoppelt. Ferner ist zwischen dem
10 vierten ohmschen Widerstand 706 und dem elektrischen Masse-Potential 402 ein fünfter ohmscher Widerstand 707 geschaltet. Der vierte ohmsche Widerstand 706 ist mit einem ersten Source-/Drain-Bereich eines anderen Polymertransistors 501 gekoppelt. Der zweite Source-/Drain-Bereich des anderen
15 Polymertransistors 501 ist mit dem zweiten ohmschen Widerstand 704 und mit dem invertierenden Eingang 702b des Operationsverstärkers 702 gekoppelt. Der Gate-Anschluss des anderen Polymertransistors 501 ist mit dem Gate-Anschluss des Polymertransistors 406 gekoppelt. Ferner ist zwischen dem
20 Gate-Bereich des anderen Polymertransistors 501 und dem elektrischen Masse-Potential 402 ein sechster ohmscher Widerstand 708 geschaltet.

Unter Verwendung der Eigenschaft des Operationsverstärkers
25 702, die an zwei Eingängen 702a, 702b bereitgestellten elektrischen Spannungen voneinander abzuziehen, lässt sich der Spannungs-Referenzschaltkreis 700 generieren, welcher insbesondere lineare Temperaturgradienten der Bauelemente des Schaltkreises kompensiert. Die ersten und zweiten ohmschen
30 Widerstände 703, 704 sind bei dem temperaturkompensierten Referenzspannungs-Schaltkreis 700 derart dimensioniert, dass über sie die gleiche elektrische Spannung abfällt. Mittels des vierten ohmschen Widerstands 706 wird eine kleine Spannungsdifferenz zwischen den Source-/Drain-Anschlüssen der
35 Polymertransistoren 406, 501 erzeugt. Die Änderung des elektrischen Stroms am fünften ohmschen Widerstand 707 bei einer Temperaturänderung hängt dann von der Dimensionierung

der beiden Transistoren 406, 501 relativ zueinander ab (beispielsweise die Dimensionierung der Gate-Weiten dieser Transistoren). Da die elektrischen Ströme durch beide Transistoren 406, 501 zu einem Spannungsabfall über den
5 fünften ohmschen Widerstand 707 führen, führt auch deren temperaturabhängige Änderung zu einem entsprechenden Spannungsabfall über den fünften ohmschen Widerstand 707. Sind die Charakteristika der beiden Transistoren 406, 501 und des fünften ohmschen Widerstands 707 derart eingestellt, dass
10 die Spannungsänderung bei einer Veränderung der Temperatur ausreichend exakt durch die Änderung des Einflusses der Gate-Spannung auf die Polymertransistoren 406, 501 kompensiert wird, so ist die Schaltung 700 von einem (linearen) Temperaturgang frei und stellt eine temperaturkompensierte
15 Spannungsquelle dar. Die Gate-Spannung an den Polymertransistoren 406, 501 ist ferner derart einzustellen, dass beide Polymertransistoren 406, 501 eine ausreichend große betragsmäßige Spannungsdifferenz zwischen dem jeweiligen Gate-Anschluss und einem der beiden Source-/Drain-
20 Anschlüsse aufweisen und der Strom durch die Polymertransistoren 501, 406 zu einem nur geringen Spannungsabfall führt.

Im Weiteren wird beziehend auf **Fig.8** ein Polymertransistor
25 800 einer erfindungsgemäßen Polymertransistor-Anordnung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Der Polymertransistor 800 weist ein Substrat 101 mit einem
30 ersten und einem zweiten Oberflächenbereich auf, wobei auf dem ersten Oberflächenbereich ein metallischer Gate-Bereich 106 aufgebracht ist. Auf dem zweiten Oberflächenbereich ist ein erster Source-/Drain-Bereich 102 aus Gold-Material aufgebracht. Auf dem Gate-Bereich ist eine Gate-isolierende
35 Schicht 105 ausgebildet. Ferner ist ein Kanal-Bereich 104 aus einem halbleitenden Polymer auf einem Oberflächenbereich der so erhaltenen Schichtenfolge ausgebildet, welcher Kanal-

Bereich 104 sowohl den mit der Gate-isolierenden Schicht 105 bedeckten Gate-Bereich 106 als auch den ersten Source-/ Drain-Bereich 102 bedeckt. Teilweise auf dem Substrat 101 und teilweise auf dem Kanal-Bereich 104 ist ein zweiter Source-/ Drain-Bereich 103 aus Gold-Material ausgebildet.

Wie in Fig.8 gezeigt, sind die Übergangs-Bereiche zwischen jeweils einem der Source-/Drain-Bereiche 102, 103 einerseits und dem Kanal-Bereich 104 andererseits zueinander geometrisch in asymmetrischer Weise ausgebildet. Der zweite Source-/ Drain-Bereich 103 ist teilweise auf dem Kanal-Bereich 104 ausgebildet, und der erste Source-/Drain-Bereich 102 ist im Wesentlichen unterhalb des Kanal-Bereichs 104 ausgebildet. Mittels dieser asymmetrischen Anordnung der beiden Source-/ Drain-Bereiche zueinander ist realisiert, dass die Übergangsbereiche zwischen jeweils einem der Source-/Drain-Bereiche 102, 103 und dem jeweils angrenzenden Teil des Kanal-Bereichs 104, von welchen Übergängen zumindest einer erfindungsgemäß als Diode betrieben wird, unterschiedliche strukturelle Eigenschaften aufweisen. Diese strukturellen Eigenschaften führen zu unterschiedlichen funktionell-physikalischen Eigenschaften der beiden Übergangsbereiche. Anschaulich kann bei einem asymmetrischen Vorsehen der beiden Übergänge technologisch unterstützt werden, dass die unterschiedlichen Übergänge mittels Anlegens unterschiedlicher elektrischer Potentiale an den Anschlüssen des Polymer-Transistors in einer unterschiedlichen Funktionalität betrieben werden können. So kann erfindungsgemäß beispielsweise einer der Übergänge ausreichend niederohmig ausgeführt sein, so dass er kaum Einfluss auf den Stromfluss hat, und der andere als leitende Diode verschaltet sein. Dies kann geometrisch unterstützt werden.

Im Weiteren wird bezugnehmend auf **Fig.9** ein Polymer-Transistor 900 einer erfindungsgemäßen Polymertransistor-

Anordnung gemäß einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Auf einem Substrat 101 wird ein Gate-Bereich 106 ausgebildet, 5 welcher mit einer Gate-isolierenden Schicht 105 bedeckt wird. Teilweise angrenzend an die Gate-isolierende Schicht 105 und teilweise auf dem Substrat 101 wird ein erster Source-/Drain-Bereich 102 ausgebildet. Die ausgebildeten Komponenten werden mit halbleitendem Polymer-Material als Kanal-Bereich 104 10 bedeckt. Teilweise auf dem Substrat 101 und teilweise auf dem Kanal-Bereich 104 wird ein zweiter Source-/Drain-Bereich 103 ausgebildet.

Auch die Polymertransistor-Anordnung 900 weist eine 15 ausgeprägte geometrische Asymmetrie bezüglich der beiden Source-/Drain-Bereiche 102, 103 auf. Dieses bewirkt wiederum einen signifikanten Unterschied in den physikalischen Eigenschaften der Übergänge zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche 102, 103 und dem Kanal-Bereich 104. Dadurch kann das 20 erfindungsgemäße Ansteuern dieser Übergänge als sperrende bzw. als leitende Dioden strukturell unterstützt werden.

In diesem Dokument sind folgende Veröffentlichungen zitiert:

[1] U. Tietze, C. Schenk "Halbleiterschaltungstechnik",
Springer-Verlag, Berlin, 1993, S.555-560

5

[2] C.D. Dimitrakopoulos, D.J. Masearo (2001) "Organic thin
film transistors", IBM J. Res.&Dev. 45, S.11-27

10

[3] P.V. Necliudov, M.S. Shur, D.J. Gundlach, T.N. Jackson
(2000) "Modeling of organic thin film transistors of
different designs" J.Appl.Phys. 88, S.6594-6597

[4] WO 01/01452 A2

15

[5] US 6,455,873 B1

[6] Nährmann, D "Das große Werkbuch Elektronik", Band 2,
1998, Franzis' Verlag Poing, ISBN 37726547-7, Seiten
1415-1423

20

Patentansprüche:

1. Polymertransistor-Anordnung

- mit einem in und/oder auf einem Substrat ausgebildeten
5 Polymertransistor, der aufweist
 - o einen ersten Source-/Drain-Bereich;
 - o einen zweiten Source-/Drain-Bereich;
 - o einen Kanal-Bereich zwischen dem ersten und dem
zweiten Source-/Drain-Bereich;
 - 10 o einen Gate-Bereich;
 - o eine Gate-isolierende Schicht zwischen Kanal-
Bereich und Gate-Bereich;
 - mit einem Ansteuer-Schaltkreis, der derart eingerichtet
ist, dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-
15 Bereich derartige elektrische Potentiale bereitstellt,
dass der Übergang zwischen mindestens einem der Source-
/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode
betreibbar ist.
- 20 2. Polymertransistor-Anordnung nach Anspruch 1,
bei welcher der Ansteuer-Schaltkreis derart eingerichtet ist,
dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-Bereich
derartige elektrische Potentiale bereitstellt, dass der
Übergang zwischen einem der beiden Source-/Drain-Bereiche und
25 dem Kanal-Bereich als in Sperrrichtung gepolte Diode
geschaltet ist.

3. Polymertransistor-Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
bei welcher der Kanal-Bereich und die Source-/Drain-Bereiche
30 aus einem solchen Material hergestellt sind, dass der
Übergang zwischen einem der Source-/Drain-Bereiche und dem
Kanal-Bereich

- ein Schottky-Übergang;
 - ein in-Übergang;
 - 35 • ein ip-Übergang; oder
 - ein pn-Übergang
- ist.

4. Polymertransistor-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei welcher der Ansteuer-Schaltkreis derart eingerichtet ist,
5 dass der Betrag der Gate-Spannung größer als der Betrag der Spannung zwischen den Source-/Drain-Bereichen ist.
5. Polymertransistor-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
10 bei der die Übergänge zwischen jeweils einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich zueinander geometrisch asymmetrisch ausgebildet sind.
6. Polymertransistor-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
15 bei der einer der Source-/Drain-Bereiche zumindest teilweise auf dem Kanal-Bereich ausgebildet ist und der andere Source-/Drain-Bereich zumindest teilweise unterhalb des Kanal-Bereichs ausgebildet ist.
- 20 7. Integrierte Schaltkreis-Anordnung mit mindestens einer Polymertransistor-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
- 25 8. Integrierte Schaltkreis-Anordnung nach Anspruch 7, eingerichtet als Referenzspannungs-Schaltkreis.
9. Integrierte Schaltkreis-Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, eingerichtet als temperaturkompensierter Referenzspannungs-Schaltkreis.
30
10. Integrierte Schaltkreis-Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, eingerichtet als Stromquelle.
35
11. Integrierte Schaltkreis-Anordnung nach Anspruch 7, eingerichtet als Spannungsregel-Schaltkreis.

12. Verfahren zum Herstellen einer Polymertransistor-Anordnung,

bei dem

- 5 • ein Polymertransistor in und/oder auf einem Substrat ausgebildet wird, indem
- o ein erster Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird;
 - o ein zweiter Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird;
 - o ein Kanal-Bereich zwischen dem ersten und dem
 - 10 zweiten Source-/Drain-Bereich ausgebildet wird;
 - o ein Gate-Bereich ausgebildet wird;
 - o eine Gate-isolierende Schicht zwischen Kanal-Bereich und Gate-Bereich ausgebildet wird;
- ein Ansteuer-Schaltkreis ausgebildet wird, der derart
- 15 eingerichtet wird, dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-Bereich derartige elektrische Potentiale bereitstellt, dass der Übergang zwischen mindestens einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode betrieben wird.

20

Zusammenfassung**Polymertransistor-Anordnung, Integrierte Schaltkreis-Anordnung und Verfahren zum Herstellen einer****5 Polymertransistor-Anordnung**

Die Erfindung betrifft eine Polymertransistor-Anordnung, eine Integrierte Schaltkreis-Anordnung und ein Verfahren zum Herstellen einer Polymertransistor-Anordnung. Die

10 Polymertransistor-Anordnung enthält einen in und/oder auf einem Substrat ausgebildeten Polymertransistor. Der Polymertransistor enthält einen ersten Source-/Drain-Bereich, einen zweiten Source-/Drain-Bereich, einen Kanal-Bereich zwischen dem ersten und dem zweiten Source-/Drain-Bereich,

15 einen Gate-Bereich und eine Gate-isolierende Schicht zwischen Kanal-Bereich und Gate-Bereich. Ein Ansteuer-Schaltkreis der Polymertransistor-Anordnung ist derart eingerichtet, dass er den Source-/Drain-Bereichen und dem Gate-Bereich derartige elektrische Potentiale bereitstellt, dass der Übergang

20 zwischen mindestens einem der Source-/Drain-Bereiche und dem Kanal-Bereich als Diode betreibbar ist.